

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-147454

(43)Date of publication of application : 29.05.2001

(51)Int.Cl.

G02F 1/35  
H01S 3/094  
H01S 3/30

(21)Application number : 2000-266852

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 04.09.2000

(72)Inventor : MATSUSHITA SHUNICHI  
NAMIKI SHU  
EMORI YOSHIHIRO

(30)Priority

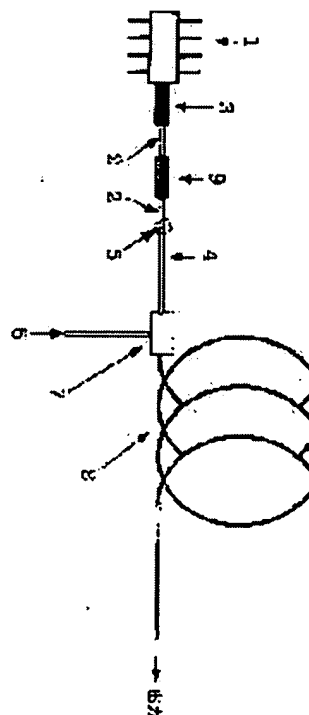
Priority number : 11251528 Priority date : 06.09.1999 Priority country : JP

## (54) RAMAN OPTICAL AMPLIFIER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress changes in the Raman amplification gain with time due to changes in the polarized waves of excitation light or signal light with time when a single semiconductor laser device is used for excitation.

SOLUTION: In the Raman optical amplifier where the signal light and excitation light emitted from a semiconductor laser device are introduced into an optical fiber and the signal light is amplified in the optical fiber by the Raman effect, the excitation light is emitted from a single semiconductor laser device and depolarized by a depolarizing means.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-147454  
(P2001-147454A)

(43) 公開日 平成13年5月29日 (2001.5.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 F 1/35	5 0 1	G 0 2 F 1/35	5 0 1 2 K 0 0 2
H 0 1 S 3/094		H 0 1 S 3/30	Z 5 F 0 7 2
3/30		3/094	S

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-266852(P2000-266852)  
(22) 出願日 平成12年9月4日 (2000.9.4)  
(31) 優先権主張番号 特願平11-251528  
(32) 優先日 平成11年9月6日 (1999.9.6)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005290  
古河電気工業株式会社  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号  
(72) 発明者 松下 俊一  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内  
(72) 発明者 並木 周  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内  
(72) 発明者 江森 芳博  
東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古  
河電気工業株式会社内

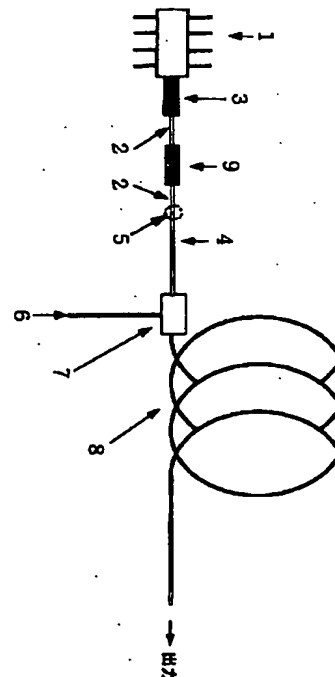
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラマン光増幅装置

(57) 【要約】

【課題】 励起用半導体レーザ素子を1つにすると、励起光もしくは信号光の偏波の時間的な変動によるラマン増幅利得の時間的な変動が現れる。

【解決手段】 信号光と半導体レーザ素子から発振された励起光とを光ファイバに導き、光ファイバ内で信号光をラマン光増幅するラマン光増幅装置において、励起光は一個の半導体レーザ素子から発振された発振光が非偏光化手段を介して非偏光されたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 信号光と半導体レーザ素子から発振された励起光とを光伝送路に導き、光伝送路内で信号光をラマン光増幅するラマン光増幅装置において、励起光は半導体レーザ素子から発振された発振光が非偏光化手段を介して非偏光されたことを特徴とするラマン光増幅装置。

【請求項 2】 発振波長が同一または異なる単数又は複数の半導体レーザ素子から発振された励起光をそれぞれ非偏光化手段を介して非偏光化した後、これら非偏光化された単数の励起光そのものを又は複数の励起光を合成してラマン増幅用の光伝送路に導くことを特徴とする請求項 1 記載のラマン増幅装置。

【請求項 3】 発振波長が同一または異なる単数又は複数の半導体レーザ素子から発振された励起光をそれぞれ合成した後、非偏光化手段を介してラマン増幅用の光伝送路に導くことを特徴とする請求項 1 記載のラマン増幅装置。

【請求項 4】 非偏光化手段は、複屈折光伝送路と、これと異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路とを両複屈折光伝送路の光学主軸が異なるように接続して構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 記載のラマン光増幅装置。

【請求項 5】 複屈折光伝送路と非偏光化に用いる複屈折光伝送路とが両光学主軸を 45 度異なるように接続して構成されたことを特徴とする請求項 4 記載のラマン光増幅装置。

【請求項 6】 非偏光化手段は、半導体レーザ素子の発振光の偏波面と非偏光化に用いる複屈折光伝送路の光学主軸とを、相対的な角度が異なるように半導体レーザ素子と非偏光化に用いる複屈折光伝送路とを接続して構成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のラマン光増幅装置。

【請求項 7】 半導体レーザ素子の発振光の偏波面と非偏光化に用いる複屈折光伝送路の光学主軸とが 45 度の角度をなすように、半導体レーザ素子と複屈折光伝送路とを接続したことを特徴とする請求項 6 記載のラマン光増幅装置。

【請求項 8】 非偏光化手段は、半導体レーザ素子に接続された複屈折光伝送路と、これと異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路との間に偏波コントローラを介在させることにより構成されたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のラマン光増幅装置。

【請求項 9】 非偏光化手段は、光分配器により半導体レーザ素子から発振された発振光を光の強度が等しくなるように 2 分配し、それぞれの分配光を互いに異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路に導入させて分配光間に位相差を持たせた後、再び合成することによって構成されたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 に記載のラマン増幅装置。

【請求項 10】 それぞれの分配光はそれぞれ、長さが同一または異なる、非偏光化に用いる 2 本の複屈折光伝送路の、一方の光伝送路の高速軸、及び他方の光伝送路の低速軸に導かれたことを特徴とする請求項 9 記載のラマン増幅装置。

【請求項 11】 それぞれの分配光は、それぞれ長さの異なる 2 本の複屈折光伝送路の低速軸または高速軸同士に導かれたことを特徴とする請求項 9 記載のラマン増幅装置。

【請求項 12】 半導体レーザ素子と光分配器との間に偏波コントローラを介在させたことを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅装置。

【請求項 13】 非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さを変えることにより非偏光度合いが調節または調整されたことを特徴とする請求項 4 乃至 12 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅装置。

【請求項 14】 複屈折光伝送路又は非偏光化に用いる複屈折光伝送路にファイバグレーティングが施されたことを特徴とする請求項 4 乃至 13 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は誘導ラマン散乱現象を利用して信号光を増幅するラマン光増幅装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般にラマン光増幅システムは、光送信器から出力された光信号が光伝送路を介して光受信装置に導かれる際に、光伝送路内で減衰した光信号を光受信装置の受信に必要な光信号レベルとなるように、光伝送路の間またはその端部に光増幅装置を介在させて光増幅するシステムである。ラマン増幅装置の構成は後述するが、光送信器から発せられた光信号とこの光信号の波長よりも約 20～200 nm 短波長の光励起信号とを合成し、石英製光ファイバなどの光伝送路内でラマン散乱現象を発生させて光信号を増幅するものである。

【0003】 この際、増幅媒体としての光伝送路内でラマン増幅されるラマン利得は、励起光の偏波状態と信号光の偏波状態の相互関係に強く依存する。例えば、励起光の偏波が直線偏波の場合（通常半導体レーザ素子（LD）から出射されるレーザ光は直線偏波状態を有する）、信号光が励起光の偏波に平行な直線偏波であればラマン増幅利得は増大し、信号光が励起光の偏波に垂直な直線偏波であればラマン利得は減少する。

【0004】 増幅媒体としての光伝送路中で、励起光もしくは信号光の偏波状態が時間的に変動すると、利得も時間的に変動する。この利得の変動は情報伝送上好ましくない。

【0005】 このため、従来は励起光源に一波長当たり 2 個以上の LD と偏波合成器を用い、それぞれの偏波が

互いに垂直になるように偏波合成を行い、増幅媒体としての光伝送路に入力し、ラマン増幅利得の偏波依存性を解消していた。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来、励起光の偏波依存性を解消するには、前記のように励起用LDが1波長あたり2個以上を必要とした。そのためコストの減少や、ラマン増幅装置の小型化に限界があった。これらの課題を解決するためには、励起用LDを1波長あたり1つにする事が有効である。しかしながら、励起用LDを1波長あたり1つにすると、励起光もしくは信号光の偏波状態の時間的な変動によるラマン増幅利得の時間的な変動が現れる。

【0007】この偏波に依存したラマン増幅の利得の変動は、情報通信の安定化に好ましくない。そこで、ラマン増幅の利得の偏波依存性を解消する必要がある。励起用LDの数が減ることによって、コストの削減や部品点数の減少による小型化、そして製造工程の簡素化が行える。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る点に鑑みなされたもので、その目的は、ラマン増幅装置の励起用光源に非偏光化（非偏波化）された励起LD光源を用いることで、利得の偏波依存性を解消し利得を安定させたラマン光増幅装置を提供することにある。また、部品点数を減らすことで、簡素化された装置を提供する目的もある。

【0009】請求項1の発明は、信号光と、半導体レーザ素子（波長合波する場合は波長の異なる複数のLD（それぞれの波長に対するLDは1個以上））から発振された励起光とを光伝送路に導き、光伝送路内で信号光をラマン光増幅するラマン光増幅装置において、励起光は半導体レーザ素子から発振された発振光が非偏光化手段を介して非偏光化されたことを特徴とする。

【0010】請求項2の発明は、発振波長が同一または異なる単数又は複数の半導体レーザ素子から発振された励起光をそれぞれ非偏光化手段を介して非偏光化した後、これら非偏光化された単数の励起光そのものをまたは複数の励起光を合成してラマン増幅用の光伝送路に導くことを特徴とする請求項1記載のラマン増幅装置である。

【0011】請求項3の発明は、発振波長が同一または異なる単数又は複数の半導体レーザ素子から発振された励起光をそれぞれ合成した後、非偏光化手段を介してラマン増幅用の光伝送路に導くことを特徴とする請求項1記載のラマン増幅装置である。

【0012】請求項4の発明は、非偏光化手段を、複屈折光伝送路と、これと異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路とを両複屈折光伝送路の光学主軸に相対的な角度差を持たせるように接続して構成したことを特徴とする

請求項1乃至3のいずれか1に記載のラマン光増幅装置である。

【0013】請求項5の発明は、複屈折光伝送路と非偏光化に用いる複屈折光伝送路とが両光学主軸を45度異なるように接続して構成したことを特徴とする請求項4記載のラマン光増幅装置である。

【0014】請求項6の発明は、非偏光化手段を、半導体レーザ素子の発振光の偏波面と非偏光化に用いる複屈折光伝送路の光学主軸との相対的な角度が異なるように、半導体レーザ素子と非偏光化に用いる複屈折光伝送路とを接続して構成したことを特徴とする請求項1又は2記載のラマン光増幅装置である。

【0015】請求項7の発明は、半導体レーザ素子の発振光の偏波面と非偏光化に用いる複屈折光伝送路の光学主軸との相対的な角度が45度となるように、半導体レーザ素子と複屈折光伝送路とを接続したことを特徴とする請求項6記載のラマン光増幅装置である。

【0016】請求項8の発明は、非偏光化手段は、半導体レーザ素子に接続された複屈折光伝送路と、これと異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路との間に偏波コントローラを介在させることにより構成されたことを特徴とする請求項1又は2記載のラマン光増幅装置である。偏波コントローラは、非偏光化に用いる複屈折光伝送路に入力する光の偏波状態が非偏光化に最適な状態となるように調整する役目を果たす。

【0017】請求項9の発明は、光分配器により半導体レーザ素子から発振された発振光を強度が等しくなるように2分配し、それぞれの分配光を互いに異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路に導入させて分配光間に位相差を持たせた後、再び合成することによって構成されたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1に記載のラマン増幅装置である。

【0018】請求項10の発明は、分配光の一方が一方の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の高速軸に及び分配光の他方が他方の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の低速軸に導かれたことを特徴とする請求項9記載のラマン増幅装置である。

【0019】請求項11の発明は、それぞれの分配光が、それぞれ長さの異なる2本の複屈折光伝送路の低速軸または高速軸同士に導かれたことを特徴とする請求項9記載のラマン増幅装置である。

【0020】請求項12の発明は、半導体レーザ素子と光分配器との間に偏波コントローラを介在させたことを特徴とする請求項9乃至11のいずれか1に記載のラマン光増幅装置である。偏波コントローラは、非偏光化に用いる複屈折光伝送路に入力する光の偏波状態が非偏光化に最適な状態となるように調整する役目を果たす。

【0021】請求項13の発明は、1本又は2本の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さを変えることにより非偏光度合いが調整されたことを特徴とする請求項4乃至

至 12 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅装置である。

【0022】請求項 14 の発明は、複屈折光伝送路又は非偏光化に用いる複屈折率光伝送路にファイバグレーティングが施されたことを特徴とする請求項 4 乃至 13 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅装置である。

【0023】複屈折光伝送路のコアは、光伝送路断面に対して、縦方向と横方向で屈折率が異なる。そのため、複屈折光伝送路内を光が伝搬するとき、光の電界が縦方向に平行な成分と横方向に平行な成分とで光の伝播速度が異なる。一般的に、最も伝搬速度の速い軸を高速軸、高速軸に垂直で伝搬速度の遅い軸を低速軸と呼ぶ。

【0024】非偏光化に、上記独立な高速軸及び低速軸に平行に伝播する光の伝搬速度差を利用する。LD 光の偏波の向きを高速軸（または低速軸）に対して 45 度の角度となるように、光を複屈折光伝送路に入力する。

【0025】LD に接続される複屈折光伝送路は、レンズの組み合わせによって構成された接続端子に、消光比が最大となるように接続される。この場合、LD 光の偏波は複屈折光伝送路の光学主軸（高速軸または低速軸）に平行で、その偏波状態を保存しながら複屈折光伝送路内を伝搬する。このような場合は、請求項 4 又は 5 のように、複屈折光伝送路に非偏光化に用いる複屈折光伝送路を、それら複屈折光伝送路の光学主軸に相対的な角度差を持たせるように（望ましくは 45 度回転させて）接続することにより、高速軸と低速軸をそれぞれの軸に平行でかつ等しい強度で光を伝播させることができる。

【0026】また、請求項 6、7 のように、半導体レーザー素子と接続する複屈折光伝送路を、半導体レーザー素子から発振されるレーザー光の偏波面に対し相対的な角度をもたせるように（望ましくは 45 度回転させて）接続することによっても、レーザー光は高速軸と低速軸それぞれに平行に伝播する電界成分に分離され、励起光を非偏光化することができる。

【0027】また、請求項 8 のように、半導体レーザー素子に接続された複屈折光伝送路と、これと異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路との間に偏波コントローラを介在させることで、LD 光の偏波状態を非偏光化に最適な状態（高速軸及び低速軸を平行に伝播するモードを等しい強度で励起できる状態）に調整して非偏光化に用いる複屈折光伝送路に導入することが可能となるため、レーザー光を非偏光化することができる。

【0028】また、請求項 9 から 12 のように、半導体レーザー素子から発振された発振光を強度が等しくなるように 2 分配し、それぞれの分配光を互いに異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路に導入させて分配光間に位相差を持たせた後、再び合成することによっても、励起光を非偏光化することができる。

【0029】また、請求項 13 のように、非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さを変えることにより非偏光度合いを調整することができる。

【0030】また、LD の出力端に接続される光伝送路に LD の発振光を反射するファイバグレーティング部を設けて LD の外部共振器を構成し、発振光の狭帯域化を図ることが行われているが、このような技術を本発明に適用することもできる（請求項 14）。

【0031】分配光間に位相差を持たせる一手段として、分配された一方の光を非偏光化に用いる複屈折光伝送路の高速軸に偏波が平行となるように入力し、他方の分配光を偏波が他方の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の低速軸に平行となるように入力する。この時の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さは、高速軸と低速軸の屈折率の差から生じる光路差を使用する LD 光を十分に非偏光化させる長さとし、2本の長さは同一のものとする。

【0032】また分配光間に位相差を持たせる他の手段として、前記 2本の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さを異なるものとする。2本の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さは、高速軸と低速軸の屈折率が異なることを考慮に入れて計算される両軸を伝播する光の全光路差が、半導体レーザー光を十分に非偏光化させるだけの長さとする。

【0033】また分配光間に位相差を持たせる他の手段として、分配光の偏光方向を特に限定せず、2本の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長の差を、半導体レーザー光が十分に非偏光化させるだけの量とすることによっても非偏光化を達成することができる。

【0034】複屈折率光伝送路内では、高速軸、低速軸に平行な光の成分は互いに独立に伝播しかつ伝搬速度が異なる。そのため、複屈折光伝送路内の両光学主軸に平行に伝播する光には、複屈折光伝送路の長さに対応した通過時間差が生じる。この時間差は光路差に相当する。この光路差が利用する光源のコヒーレント長より長い場合、複屈折光伝送路出口で、高速軸に平行に伝搬する光と低速軸に平行に伝搬する光の位相の相関が弱まる（この位相相関が弱まることをコヒーレンシーが低くなるという）。そのため、複屈折光伝送路出口で両光の重ねあわせが行われるとコヒーレンシーが低いため、偏光度が入力時よりも減少する効果が得られる。

【0035】偏波の度合いは、偏波成分と非偏波成分との強度の和と、偏波成分の強度との比を百分率で表した偏光度 DOP (Degree Of Polarization) を用いて表す。DOP の値は光のコヒーレント長と、複屈折光伝送路の高速軸と低速軸を伝播する光の光学距離の差に依存する。光学距離の差は、複屈折光伝送路の長さに依存するため、DOP 値は複屈折光伝送路の長さに依存する。複屈折光伝送路の長さが長くなるに従って偏波成分が徐々に少なくなる。

【0036】DOP 値と複屈折光伝送路の長さの関係を図 13 に示す。これは後述する図 1 の実施形態における光カプラ 7 の入力端で、非偏光化に用いる複屈折光伝送

路の先端に偏波測定器を接続し、偏光度を測定した結果である。この結果から複屈折光伝送路又は非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さを調整することにより、非偏光度合いを調整することでDOP値の制御が可能である。

#### 【0037】

【発明の実施形態】半導体レーザ素子から発振された偏光状態の発振光を非偏光化手段(Depolarizer)で非偏光化した本発明の実施形態を図1から図12に示す。

【0038】図1～3において、1は半導体レーザ素子、2は複屈折光伝送路、3は半導体素子1と複屈折光伝送路2とを接続するための接続器、4は非偏光化に用いる複屈折光伝送路、5は複屈折光伝送路2と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4との接続部、6は信号光、7は信号光6と励起光とを合波する光カップラ、8は石英系の光伝送路、9はファイバグレーティングである。

【0039】半導体レーザ素子1は信号光6の波長からおおよそ50～200nm短波長（望ましくは100nm程度）の発振光を発振するものが選ばれる。複屈折光伝送路2及び非偏光化に用いる複屈折光伝送路（PANDAファイバ）4は、図2及び図3に示すように、中心部の屈折率の高いコアおよび周辺部の屈折率の低いクラッドからなり、そのクラッド中にコアを挟んで応力付与層を配置し、コアの互いに直角な方向の水平と垂直方向にそれぞれ互いに異なる複屈折率（高速軸または低速軸）を発生させている。

【0040】また複屈折光伝送路2には、半導体レーザ素子1の発振光にはほぼ一致するファイバグレーティング9による光反射層が形成され、発振波長の安定化及び発振波長の狭帯域化が図られている。

【0041】半導体レーザ素子1と複屈折率光伝送路2とは、半導体レーザ素子1の発振光の偏波面と複屈折光伝送路2の光学主軸（高速軸または低速軸）とが一致するように（消光比が最大となるように）接続器3で接続されている。これにより、半導体レーザ素子1から発振された発振光の偏波面が保持されて複屈折光伝送路に導かれる。

【0042】複屈折光伝送路2と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4とは、図2に示すように、両複屈折光伝送路の光学主軸に相対的な角度差をもたせるように接続され、これにより、非偏光化手段が構成されている。これによって、複屈折光伝送路2に導かれた特定の偏波が非偏光化に用いる複屈折光伝送路4の高速軸及び低速軸にある割合で分岐され、非偏光化を行うことができる。

【0043】上記光学主軸を図3に示すように、両複屈折光伝送路の光学主軸を45度回転させて接続することにより、高速軸及び低速軸に1対1の割合で分岐され、更に完全に非偏光化を行うことができる。

【0044】また図示していないが、図1に示す非偏光化に用いる複屈折光伝送路4として、一方の長さが他方

の長さの2倍以上となるような2本の複屈折光ファイバをそれぞれ光学主軸が45度の角度で融着された形態を有するLYOT型非偏光化装置を採用するようにしてもよい。その際、半導体レーザの出力に用いられる光伝送路は、どのような種類のものでもかまわない。（複屈折光伝送路である必要がない。）

【0045】同一の長さの非偏光化に用いる複屈折光伝送路3を用いて、複屈折光伝送路の接続角度を変化させると接続角度45度に比べDOP値が大きくなる。つまり、複屈折光伝送路の接続角度を変化させることでDOP値を制御することが可能となる。

【0046】従来、ラマン増幅利得の偏波依存性を解消するために、1波長あたり2つ以上のLDと偏波合成器を用いてLD光の偏波が互いに垂直となるように偏波合成を行い、増幅媒体である光伝送路に入力していた。

【0047】本発明では、半導体レーザ素子から発振された発振光を非偏光化手段で非偏光化してラマン増幅媒体である光伝送路8に入力することで、ラマン増幅利得の偏波依存性を解消した。ラマン利得の偏波依存性を、増幅する信号光の偏光状態を変化させながらラマン増幅利得を測定し、その最大値と最小値の差をPDG (Polarization Dependent Gain) 値として、その大きさを偏波依存性の評価値とした。

【0048】本発明のラマン増幅方法を用いて、DOP値を変化させながらPDGを測定した結果を図14に示す。図14より、DOP値が減少するに従ってPDG値も減少している。つまり、非偏光化した励起用光源を用いてラマン増幅を行うと、その利得の偏波依存性が解消されることを示している。また、DOP値を変化させることでPDG値を制御することが可能である。

【0049】図4、5は本発明の他の実施態様を示すもので、図において、1、3、4、9はそれぞれ図1～3と同様に、半導体レーザ素子、接続器、非偏光化に用いる複屈折光伝送路、ファイバグレーティングである。

【0050】本実施態様は半導体レーザ素子1と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4とが接続器3を介して接続されている。

【0051】図4に示した実施態様は、半導体レーザ素子1と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4とが、半導体レーザ素子1の発振光の偏波面と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4の光学主軸が相対的な角度をもつように接続され、図5に示した実施態様は、半導体レーザ素子1の発振光の偏波面と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4の光学主軸とが45度異なるように接続されている。

【0052】非偏光用複屈折光伝送路4にはファイバグレーティング9が施され、半導体レーザ素子1の外部共振器を構成している。

【0053】このような実施態様であっても図1～3に示す実施態様と同様の効果がある。

【0054】図6は本発明の他の実施態様を示すもの

で、図において1、2、3、4、6、7、8は、それぞれ図1の場合と同様に、半導体レーザー素子、複屈折光伝送路、半導体レーザー素子1と複屈折光伝送路2とを接続するための接続器、非偏光化に用いる複屈折光伝送路、光信号、光カブラ、石英系光伝送路である。図において、10は偏波コントローラであり、複屈折光伝送路2と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4との接続部5に介在するように取り付けられている。このように半導体レーザー素子1と非偏光化に用いる複屈折光伝送路4との間に偏波コントローラ10を介在させることにより、半導体レーザー素子1から発振された発振光の偏波状態を自由に変化させることができるので、図2～5に示すように半導体レーザー素子と複屈折光伝送路及び複屈折光伝送路と非偏光化に用いる複屈折光伝送路との接続角度を特定の関係に接続する必要がなくなる。

【0055】また図示していないが、図6に示す非偏光化に用いる複屈折光伝送路4として、前半部の長さが1、後半部の長さが2倍以上（又はこの逆の2以上：1の割合）の複屈折光伝送路をそれぞれ光学主軸が45度の角度で融着された形態を有するLYOT型非偏光化装置を採用するようにしてもよい。

【0056】図7から10はそれぞれ本発明の他の実施態様を示すもので、図において、1、3、4、9はそれぞれ図1～3と同様に、半導体レーザー素子、接続器、非偏光化に用いる複屈折光伝送路、ファイバグレーティングである。図において1、2、3、4は、それぞれ図1の場合と同様に、半導体レーザー素子、複屈折光伝送路、半導体レーザー素子1と複屈折光伝送路2とを接続するための接続器、非偏光化に用いる複屈折光伝送路である。更に図において、11は半導体レーザー素子1からの出力を出力比が1：1となるように分配させる光分配器（WDMカブラ、編波分離器等、光が通過する間、偏波を保存するもの）、12は偏波合成器、13は出力用シングルモード光伝送路である。ここで非偏光化に用いる複屈折光伝送路4はA Bの2本用いられている。

【0057】半導体レーザー素子1からの出力光は、複屈折光伝送路2を介して光分配器11に導かれ、ここで出力比1：1に分配される。分配された各光は、非偏光化に用いる複屈折光伝送路A Bにそれぞれ導かれ、ここで分配光間に光の位相差を生じさせる。

【0058】光の位相差を生じさせる一例として、光分配器11によってそれぞれ分配された分配光の偏波面が、それぞれ非偏光化に用いる複屈折光伝送路Aの高速軸と平行となるように、そして非偏光化に用いる複屈折光伝送路Bの低速軸と光の偏波面が平行となるように、光分配器11と非偏光化に用いる複屈折光伝送路A Bとが接続される。

【0059】この際、非偏光化に用いる複屈折光伝送路A及びBの長さは、A及びBいずれの伝送路中の高速軸に並行に伝播する光と低速軸に並行に伝播する光の光路

差が非偏光化に十分な長さとなるように選ぶ。

【0060】光の位相差を発生させる他の例として、非偏光化に用いる複屈折光伝送路A及びBの長さを異なるものとする。非偏光化に用いる複屈折光伝送路のAとBの長さの関係は、非偏光化に用いる複屈折光伝送路A及びBを伝播する光の非偏光化に用いる複屈折光伝送路の屈折率が高速軸と低速軸で異なることを考慮にいれて計算した光学距離の差が偏光化するに十分な長さとなるような関係とする。

【0061】このようにして、両分配光間に位相差を持たせる非偏光化に用いる複屈折光伝送路A及びBは偏波合成器12に接続される。ここで非偏光化に用いる複屈折光伝送路A及びBは、非偏光化に用いる複屈折光伝送路A及びB中を伝播した光の偏波面が互いに垂直に合成されるように偏波合成器12に接続される。このようにして、合成された発振光は出力用シングルモード光伝送路13を介してラマン光増幅用の励起光として出力される。

【0062】この際、本発明は、図8に示すように、複屈折光伝送路2にファイバグレーティング9を形成して発振波長の安定化と発振光の波長幅を狭くするようにしてもよい。

【0063】また、図9・10に示すように、光分配器11と半導体レーザー素子1との間に偏波コントローラ10を介在させるようにしてもよい。このようにすることにより、半導体レーザー素子1から発振された発振光の偏波状態を自由に変化させることができる。図10に示す実施態様は、発振光の波長幅を狭くする目的で、偏波コントローラ10の入力側にファイバグレーティング9を配置しものを示す。

【0064】図11は本発明の他の実施態様を示すものである。図において、1は半導体レーザー素子、14は光カブラ、15は非偏光化手段である。

【0065】この実施態様は、発振波長が同一又は異なる単数又は複数の半導体レーザー素子1、1、・・・が用意され、これらの素子から発振された発振光が、それぞれ接続用光ファイバによって非偏光化手段15に導かれ、ここで図1～10に示すと同様の非偏光化の手段によって又はLYOT型非偏光化装置などの他の非偏光化手段によって非偏光化され、その後、それぞれの発振光が接続用光ファイバによって光カブラ14に導かれ、ここで、各発振光が合成され複数の発振波長からなる励起光が作成される。この後、この励起光は光信号と合成されて、図示しない石英系光伝送路に導かれ、ここで信号光をラマン光増幅する働きをする。

【0066】図12は本発明の他の実施態様を示すものである。図において、1は半導体レーザー素子、15は非偏光化手段、16は波長合波器である。

【0067】この実施態様は、発振波長が同一又は異なる単数又は複数の半導体レーザー素子1、1、・・・が用



意され、これらの素子から発振された発振光が、接続用光伝送路を介して波長合波器 16 に導かれて合波され、その後、接続用光伝送路を介して非偏光化手段 15 に導かれる。非偏光化手段 15 では、図 1～10 に示したと動揺の非偏光化の手段によって、又は L Y O T 型非偏光化装置などの他の非偏光化手段によって非偏光化される。このようにして非偏光化された複数の発振光は、その後、図示しない光信号と合成されて石英系光伝送路に導かれ、ここで光信号を増幅するための励起光源となる。

#### 【0068】

【発明の効果】請求項 1 の発明は、非偏光化された励起光源を構成することにより、1 波長あたり 1 個の半導体レーザ励起の際に生じる利得の偏波依存性を解消することが可能となる。そのため、励起用半導体レーザ素子の個数を減らすことが可能となる。

【0069】請求項 2 の発明は、複数の励起光をそれぞれ非偏光化手段を介して合成するので、非偏光化手段が励起光と 1:1 に対応し、各励起光の偏波面に応じた適切な非偏光化が行なえる。また励起光を非偏光化することで、多波長励起の際に現れる励起光間のラマン光増幅の偏波依存性を同時に解消することが可能となる。

【0070】請求項 3 の発明は、複数の励起光を一旦、合成した後、非偏光化手段を介して非偏光化されたものを得るので、非偏光化手段が少なく済ませることができる。また励起光を非偏光化することで、多波長励起の際に現れる励起光間のラマン光増幅の偏波依存性を同時に解消することが可能となる。

【0071】請求項 4 から 8 の発明は、非偏光用複屈折光伝送路の光学主軸と、これと接続する半導体レーザ素子の偏波面または複屈折光伝送路の光学主軸とが相対的な角度を有するゆに接続することで、偏光度を適切に調整することが可能となる。

【0072】請求項 9～12 の発明は、半導体レーザ素子から発振された発振光を 2 分配し、それぞれの分配光を互いに異なる非偏光化に用いる複屈折光伝送路に導入させて分配光間に位相差を持たせた後、再び合成することによっても偏光度を適切にすることができる効果がある。請求項 13 の発明は、非偏光化に用いる複屈折光伝送路の長さを変えることにより非偏光度合いを調整することが出来る効果を有する。

【0073】請求項 14 の発明は、複屈折光伝送路又は非偏光化に用いる複屈折率光伝送路にファイバ・グレーティングを施すことによって、狭帯域な励起光源を構成できる効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の 1 実施形態を示す構成図である。

【図 2】 本発明の他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 3】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 4】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 5】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

10 【図 6】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 7】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 8】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 9】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 10】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

20 【図 11】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

【図 12】 本発明の更に他の実施形態を示す要部構成図である。

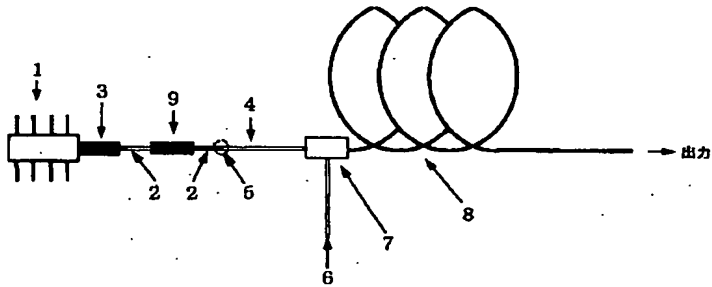
【図 13】 本発明の実施形態での非偏光化に用いる複屈折光伝送路に対する偏光度の関係を示す特性図である。

【図 14】 本発明の実施形態での偏光度に対する偏波依存利得特性を示す特性図である。

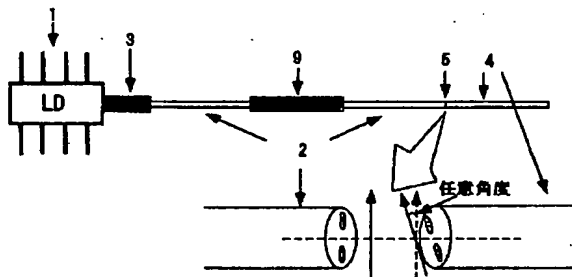
#### 【符号の説明】

- |    |                     |
|----|---------------------|
| 1  | ・ ・ 半導体レーザ素子        |
| 2  | ・ ・ 複屈折光伝送路         |
| 3  | ・ ・ 接続器             |
| 4  | ・ ・ 非偏光化に用いる複屈折光伝送路 |
| 5  | ・ ・ 接続部             |
| 6  | ・ ・ 信号光             |
| 7  | ・ ・ 光カプラ            |
| 8  | ・ ・ 光伝送路            |
| 9  | ・ ・ ファイバグレーティング     |
| 10 | ・ ・ 偏波コントローラ        |
| 11 | ・ ・ 光分配器            |
| 12 | ・ ・ 偏波合成器           |
| 13 | ・ ・ 出力用シングルモード光伝送路  |
| 14 | ・ ・ 光カプラ            |
| A  | ・ ・ 非偏光化に用いる複屈折光伝送路 |
| B  | ・ ・ 非偏光化に用いる複屈折光伝送路 |

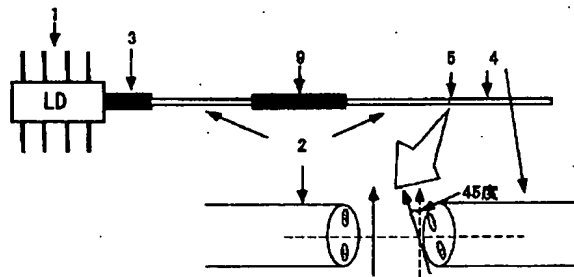
【図1】



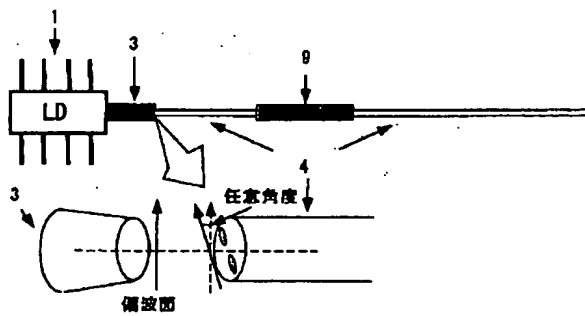
【図2】



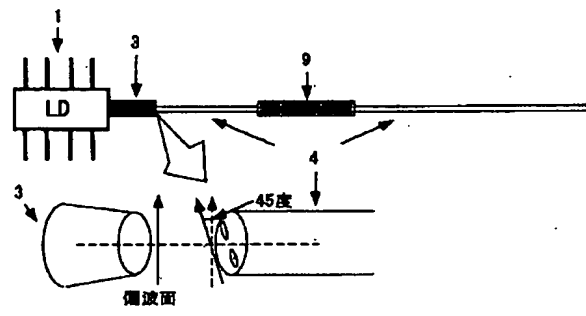
【図3】



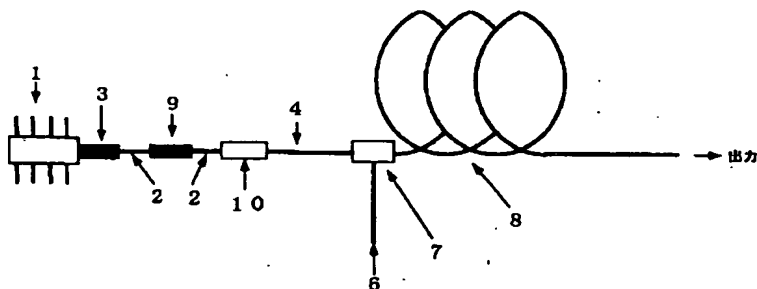
【図4】



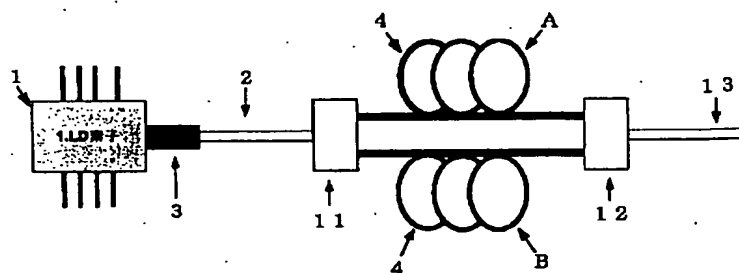
【図5】



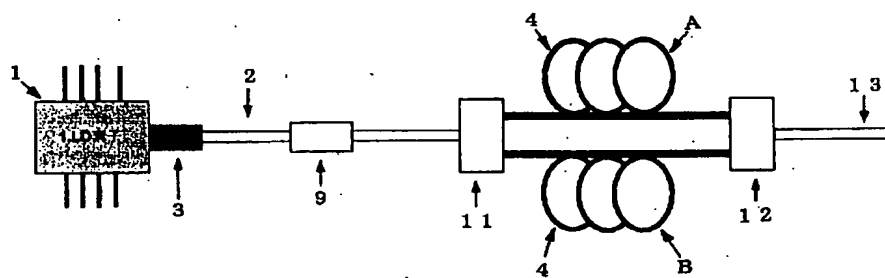
【図6】



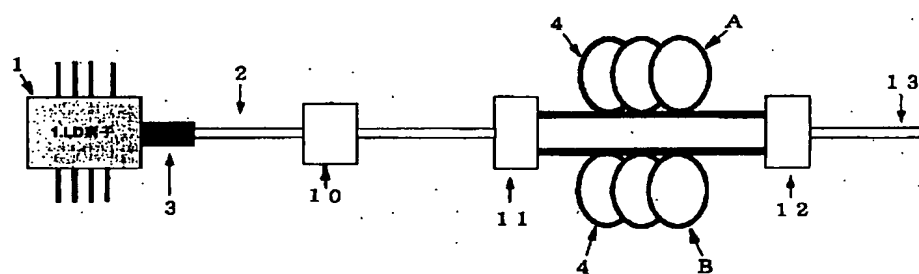
【図7】



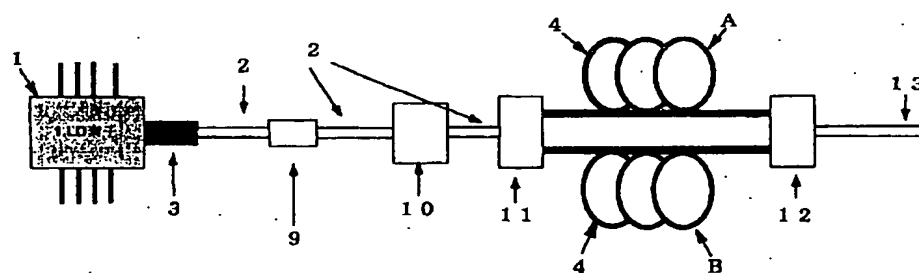
【図8】



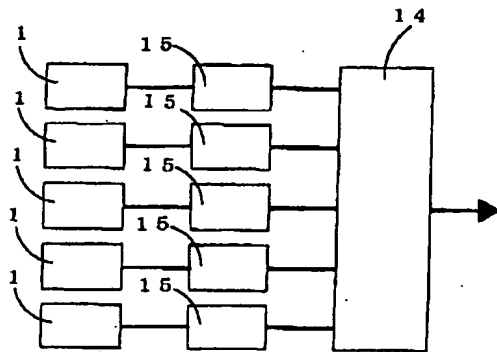
【図9】



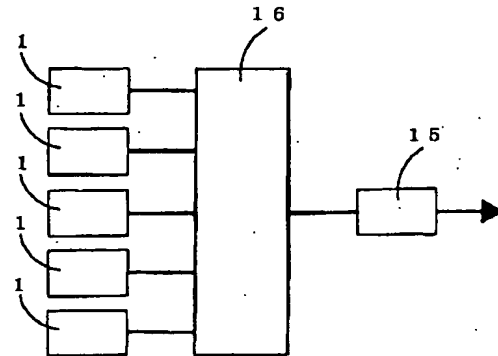
【図10】



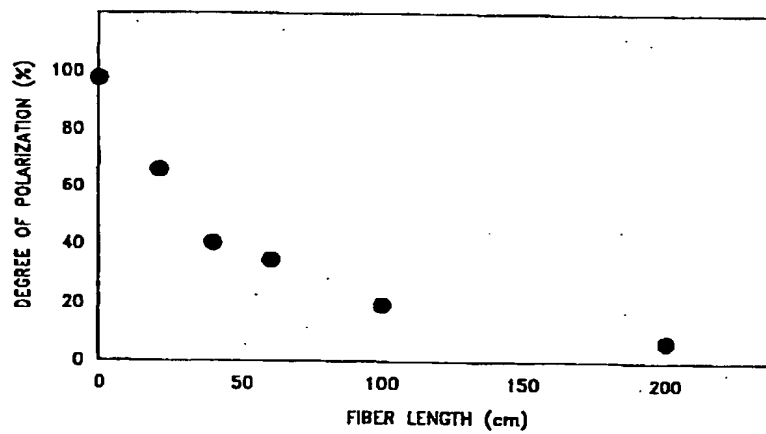
【図11】



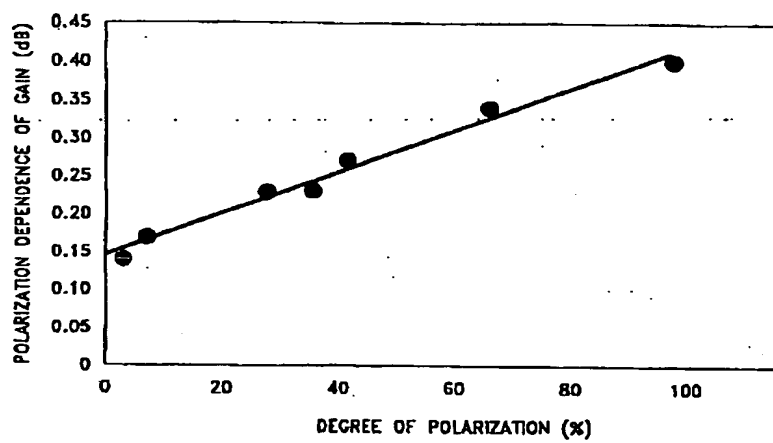
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 CA15 DA10  
GA01 HA23  
5F072 AB07 AK06 JJ05 KK07 PP07  
QQ07 YY17